

Implicaties voor preventie en revalidatie voorste-kruisbandletsel

Motorisch leren in de praktijk

Een reconstructie van de voorste kruisband (VKB) brengt hoge medische en maatschappelijke kosten met zich mee. De auteurs van dit artikel vatten de resultaten van wetenschappelijk onderzoek naar preventieprogramma's voor VKB-blessures samen. Zij vullen deze aan met nieuwe inzichten over motorisch leren en pleiten voor herziening van preventieprogramma's en het revalidatietraject.

Tekst: Alli Gokeler en Anne Benjaminse

Inleiding

Bijna elke week verschijnt er wel een bericht in de media dat een bekende sporter de VKB van de knie heeft gescheurd. Hoewel vaak beschouwd als een noodzaak, is een VKB-reconstructie geen garantie voor een normale functie van de knie.¹ Veel patiënten keren niet terug naar competitieve sporten, hebben een hoger risico op recidief van het letsel en ontwikkelen op jonge leeftijd degeneratieve afwijkingen van het kraakbeen van de knie.² Dit leidt tot verstrekende fysieke en psychosociale consequenties, meer inactiviteit en hoge maatschappelijke kosten op termijn.³ Een VKB-reconstructie en de daaropvolgende revalidatie brengen hoge medische en maatschappelijke kosten met zich mee, geschat op € 10.000 per blessure: medische ingreep € 2.500, fysiotherapie € 1.000 en indirecte kosten zoals verzuimkosten € 6.500.⁴

Van motorisch leren is pas sprake als het ge oefende beklijft

Het devies 'voorkomen is beter dan genezen' geldt dus bij uitstek hier. Echter, de beschikbare preventieprogramma's voor VKB-blessures laten tegenstrijdige resultaten zien⁵ en effectiviteit op de lange termijn ontbreekt: we zien geen afname van het aantal VKB-blessures.⁶ Bovendien worden de programma's vaak als saai beschouwd, niet prestatiebevorderend en tijdrovend.⁷ Er blijkt bij deze patiënten een sterke behoefte te zijn aan effectieve, innovatieve blessurepreventie.⁸ In dit artikel vatten wij de resultaten van wetenschappelijk onderzoek samen en vullen we deze

aan met nieuwe inzichten in motorisch leren in de context van preventie van VKB-blessures en de VKB-revalidatie. Hierbij maken we een klinische vertaalslag voor toepasbaarheid in de praktijk. Eerst staan we stil bij wat we bedoelen met motorisch leren.

Motorisch leren

Motorisch leren wordt gedefinieerd als het vermogen van een individu om motorische vaardigheden te verwerven waarbij een relatief permanente verandering optreedt.⁹ Binnen deze theorie wordt ervan uitgegaan dat er alleen sprake is van leren als de veranderingen in het gedragspotentieel na oefening een zekere tijd blijven voortbestaan. Bij dit motorisch leren gaat het dan niet om het onmiddellijke effect van de oefening op de prestatie, maar om de gevolgen op langere termijn. Kortom, wil er sprake zijn van motorisch leren, dan moet het ge oefende beklijven. Om die reden is het binnen deze theorie van belang om het motorisch leren niet eenvoudigweg gelijk te stellen aan prestatieverbetering.¹⁰ Om dit motorisch leren in kaart te brengen, wordt gebruikgemaakt van een retentietest. Een retentietest houdt in dat er, na enige tijd zonder oefenen, een test wordt afgenomen en de situatie vergeleken wordt met de beginsituatie om te bepalen of er daadwerkelijk sprake is van een verandering in het gedragspotentieel.¹⁰ De tijdsinterval is meestal enkele dagen tot meerdere weken. In het domein van preventie en revalidatie van de voorste kruisband kan het er bijvoorbeeld zo uitzien: bij de beginsituatie (baseline) wordt een tweebeelige sprongtaak uitgevoerd. Er volgt een 6 weken durende interventie. De retentietest wordt 1 maand na de laatste trainingssessie uitgevoerd. Hierbij wordt dezelfde tweebeelige sprongtaak getest en vergeleken met de test bij de baselinemeting. Hiermee wordt dus bepaald of er daadwerkelijk sprake is van motorisch leren.^{10,11} Bovendien is ook de transfer van cruciaal belang om vast te stellen in hoeverre datgene dat in de ene situatie werd geleerd, ook gehandhaafd kan worden in een andere situatie.¹⁰ Transfer is de mate waarin een beweging die in een bepaalde situatie geleerd is, wordt 'meegenomen' naar een andere situatie.¹⁰ Hierbij wordt vaak na een tijdsinterval gekeken of de sporter – zonder enige vorm van instructie of feedback – de beweging in de nieuwe situatie beter kan uitvoeren dan voorheen (het daadwerkelijke leereffect). Ook kan een transfer bestaan uit een variant van wat is ge oefend,⁹ bijvoorbeeld op het veld of een meer sportspecifieke taak.

Automatisch bewegen

Uit onderzoek blijkt dat veel fysiotherapeuten en sportcoaches instructie en feedback geven met de aandacht gericht op het uitvoeren van bewegingen.^{12,13} Hierbij wordt veelal van de 3 fasen van Fitts en Posner gebruikgemaakt.¹⁴ Het verlenen van expliciete regels is volgens deze modellen essentieel in het begin van elk leerproces. Een fysiotherapeut of sportcoach zal bij het aanleren van een motorische vaardigheid de sporter of patiënt overladen met allerlei regeltjes die deze zo goed mogelijk moet trachten te onthouden en uit te voeren. Pas later worden de bewegingsvaardigheden geautomatiseerd en moet niet meer constant aan de expliciete regels gedacht worden. Volgens dit model worden motorische vaardigheden dus eerst expliciet aangeleerd. Hierbij wordt dus aangenomen dat sporters en patiënten gebaat zijn bij informatie over de beste uitvoering van een motorische vaardigheid, alvorens de bewegingscontrole min of meer automatisch kan worden. Dit proces verloopt via de cognitieve fase, waarbij de sporter of patiënt expliciet stap voor stap regels ontvangt voor het uitvoeren van een beweging. Vervolgens gaat dit over in de associatieve fase, waarbij het individu zich meer concentreert op hoe de beweging wordt uitgevoerd. In de laatste fase van dit model verlopen de bewegingen automatisch.

Contraproductief

Het model van Fitts en Posner staat erg ter discussie.^{10,15} Een belangrijke vraag in de context van motorisch leren is namelijk waar de sporter of patiënt de aandacht focus het beste op kan richten om een optimaal motorisch leerresultaat te bereiken.¹⁶ Er is sprake van een interne focus (IF) wanneer de aandacht gericht is op het lichaam en de uitvoering van de bewegingen ('houd je knie boven je voet', 'buig je romp'). Bij een externe focus (EF) daarentegen is de aandacht gericht op de omgeving en het effect van de bewegingen (het werpen van een basketbal in de basket).¹⁷ Echter, sporters expliciet vertellen hoe te bewegen, zoals in de cognitieve en associatieve fasen van dit model, lijkt juist contraproductief en minder geschikt voor het onder de knie krijgen van complexe motorische vaardigheden.

IF, EF en VI

Het hoofddoel van het proefschrift van Benjaminse, *Motor learning in ACL injury prevention*, was de huidige VKB-blessurepreventiestrategieën te verbeteren door verbe-



terd motorisch leren.¹⁸ Het effect van nieuwe feedbacktechnieken bij het wenden en keren en bij het springen en landen is onderzocht. Dit zijn twee veelvoorkomende bewegingen in het veld waarbij de VKB kan scheuren.

Het doel van de studie was om het effect van een IF (door een verbale stimulus) en een EF (door een individuele visuele stimulus) op kniebelasting te onderzoeken tijdens het wenden en keren.¹⁹ Dit werd gedaan bij 90 vrouwelijke en mannelijke recreatieve basketballers. Retentie van de bewegingstechniek werd gemeten na 1 week en 1 maand. Hierbij kregen de sporters geen feedback meer en werd dus puur het leereffect onderzocht. Het grootste effect werd gezien in de groep met mannen die visuele feedback kreeg. Zij verminderden de beweging in het frontale vlak en hadden minder knieabductie, terwijl ze wel met goede knieflexie en rensnelheid de wending uit bleven voeren. Dit verbeterde bewegingspatroon tijdens de trainingssessie bleef aanwezig na 1 week en 1 maand. De vrouwen landden stugger en het lukte hun niet dit te verbeteren door een van de interventies. De onderzoekers concludeerden dat het aanneemelijk is dat vrouwen andere leerstrategieën prefereren, mogelijk een combinatie van visuele en verbale feedback.

Na de operatie blijven patiënten met een geflecteerde knie lopen, terwijl het gezonde been wel gewoon gestrekt wordt

Vervolgens werd het effect van een externe focus van aandacht onderzocht bij een tweebeenvige verticale sprong, uitgevoerd door 40 recreatieve sporters.²⁰ De IF-groep ontving instructie gericht op het lichaam, de EF-groep ontving instructie gericht op de beweging, en de video (VI)-groep zag een instructievideo met een expert. De sporters mochten bovendien zelf om feedback vragen wanneer ze dat wilden. Dit wordt ook wel 'self-controlled feedback' genoemd.^{21,22} Deze feedback bestond uit de score op de real time landing error scoring system (LESS).²³ De sporters wisten hierbij alleen: hoe lager de score, hoe beter de sprong. Deze studie liet voordelen van VI-instructie op landingstechniek bij de mannen en vrouwen zien. Vrouwen hadden ook baat bij verbale EF-instructies. EF- en VI-instructies leidden tot significante verbetering van de landingstechniek, terwijl spronghoogte gehandhaafd werd. Deze verbetering was na een week nog zichtbaar.

Kn timer ontzien

Dat sporters zelden volledig herstellen na het scheuren van een VKB, komt niet omdat het na een operatie onmogelijk is geworden om

normale kniebewegingen te maken, maar omdat patiënten mogelijk extra alert zijn om het kniegewricht tijdens lopen en springen te ontzien. Dat concludeert Gokeler in zijn proefschrift *Motor Control after ACL Reconstruction*. Hij stelde vast dat patiënten na de operatie met een geflecteerde knie blijven lopen, terwijl het gezonde been wel gewoon gestrekt wordt.²⁴ In een vervolgonderzoek werden de bewegingen van het heup-, knie- en enkelgewricht, gesynchroniseerd met EMG-activiteit van de beenspieren, gemeten tijdens de landing na een single leg hop.²⁵ De proefpersoon staat daarbij op één been, maakt vanuit stand een vertesprong en landt op hetzelfde been. Gokeler onderzocht patiënten en vergeleek deze met een controlegroep.²⁶ Bij de gezonde proefpersonen uit de controlegroep verloopt de spieractiviteit, in de tijd gezien, van proximaal naar distaal: eerst komen de spieren in het bovenbeen in actie, dan de onderbeenspieren.²⁶ Bij patiënten met een VKB-reconstructie vonden de onderzoekers dat alle spieren gelijktijdig worden aangespannen. De patiënten lijken zich schrap te zetten en hebben niet alleen een veel stijver looppatroon, maar blijkbaar ook een veel stijvere opvangreactie. Het ontzien van het kniegewricht levert een verhoogd risico op om de VKB opnieuw te

uitgaan dat verhoogde aandacht het herwinnen van een normale kniebeweging verhindert. Een studie werd opgezet waarin patiënten met een VKB-ruptuur in een virtuele omgeving afgeleid werden. Het gevolg was dat de bewegingspatronen 'normaler' werden en veel meer leken op die van gezonde proefpersonen.²⁸

Zich baserend op deze veelbelovende resultaten pleiten de auteurs voor een herziening van preventieprogramma's en het revalidatietraject, waarbij de aandacht van de sporter of patiënt wordt verlegd van de bewuste controle over bewegingen naar het doel van bewegen.

Toepassing

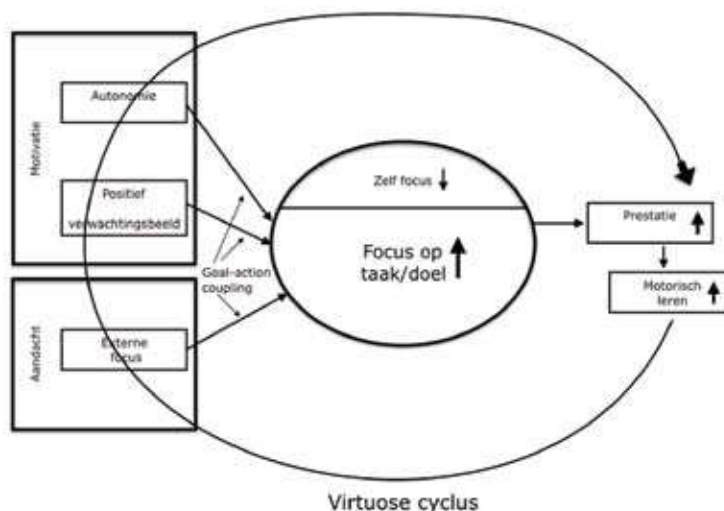
Bij het aanleren van optimale bewegingspatronen als preventie en revalidatie van blessures spelen vele aspecten een rol. Niet alleen de fysieke component behoeft aandacht; het is ook aan te raden motorisch leren vanuit een gedragscognitief en sociaalcognitief perspectief te benaderen. Op basis van de Optimal Learning Theorie (figuur 1) kan gesteld worden dat aandachtfocus en motivatie cruciaal zijn in het bereiken van het volledige potentieel.¹⁵

1. Externe focus van aandacht

Het verdient aanbeveling om gebruik te maken van instructies en feedback met een EF (tabel 1). Volgens de 'constrained action hypothesis' bevordert een EF van aandacht het automatische karakter van de bewegingssturing: onbewuste, reflexmatige en daarmee snelle sturingsprocessen kunnen ongehinderd hun beslag krijgen, waardoor het gewenste resultaat van de beweging nagenoeg als vanzelf wordt gerealiseerd.²⁹ Dit is cruciaal voor optimaal bewegen op het veld. Omgekeerd geldt dat een IF van aandacht de automatische sturing van de bewegingen

scheuren, aan het ipsi- of contralaterale been.²⁷ Er werd vervolgens een hypothese opgesteld op basis van een theoretisch construct dat ervan

Figuur 1.
OPTIMAL theory of motor Learning



OPTIMAL: Optimizing Performance Through Intrinsic Motivation and Attention for Learning
(optimaliseren van prestatie door intrinsieke motivatie en aandacht voor leren)¹⁵

>>

Tabel 1. Externe- en interne-focus-instructies

	Doel	Externe-focus-instructie	Interne-focus-instructie
Balans	handhaving balans één been	'probeer de oefentol zo stabiel mogelijk te houden'	'probeer je knie zo stabiel mogelijk te houden'
Lopen	stimuleren extensie knie	'doe alsof je tegen een bal aan trapt'	'strek je knie tijdens de zwaai fase'
Squat	stimuleren flexie knie zonder valgus	'raak de pylon aan met je knie'	'houd je knie over de tweede straal van je voet'

>> verstoort die normaliter leidt tot het realiseren van een gewenst doel. Als gevolg hiervan worden de bewegingen trager, minder vloeiend en minder effectief.¹⁶ In de acute fase na een VKB-reconstructie kan het nuttig zijn dat patiënten een motorisch programma volgen dat volledig is gericht op bescherming van de knie. De patiënten kunnen maatregelen treffen om de bewegingsuitslag van de knie te verminderen, de hoeveelheid gewicht op het geopereerde been te beperken en aandachtig te kijken waar zij de voet plaatsen tijdens het lopen. Ons standpunt is dat bij de patiënten na een VKB-reconstructie tijdens het bewegen sprake is van een verhoogde cognitieve aandacht die het leerproces remt om normale bewegingen te herwinnen.^{11,30}

2. Impliciet leren

Hoewel therapeuten en trainers vaak geneigd zijn leerprocessen expliciet in te richten, stoelt expertise in veel vaardigheden voor een belangrijk deel op impliciete kennis.³¹ Een ander voordeel van impliciet leren is dat het 'choking under pressure' (falen onder druk) voorkomt.³² Motorische vaardigheden die impliciet zijn verkregen, hebben namelijk de neiging om robuuster te zijn onder psychische of fysieke

stress.³² Dit is van cruciaal belang, aangezien blessures vaker ontstaan bij een vorm van stress of bijvoorbeeld vermoeidheid.

3. Positief verwachtingsbeeld

Als iemand a priori een positief verwachtingsbeeld heeft, dus dat hij of zij verwacht een taak goed uit te kunnen voeren, zal er meer interesse zijn in het uitvoeren van de taak. Dat resulteert in een beter leereffect. De taak dient dus uitdagend te zijn, maar ook weer niet te moeilijk (succes in combinatie met uitdaging).

De beste leer-methode bestaat niet en is afhankelijk van het individu, de therapeut en de context waarin geoefend wordt

Tabel 2. Zelfsturing oefensituatie en ontvangen feedback

	keuze uit oefensituatie		
Balans	oefenen op egel	oefenen op bosu-bal	oefenen op zachte mat
	keuze uit instructie/feedbackvorm		
Squat	verbaal		visueel
Balans	Bewaar je balans door de stok horizontaal te houden.	Bewaar je balans door het platform horizontaal te houden.	
Squat	Als je aan het squatten bent, doe dan alsof je op een stoel gaat zitten.		Je ziet een video van je beste squat tot nu toe. Probeer dit zo goed mogelijk na te doen.
Landen	Als je landt, raak dan de pylonen aan met je handen en richt je knieën naar de pylonen.	Zet jezelf zo hard mogelijk af van de grond bij de afzet.	Je ziet een video van een expertsprong. Probeer dit zo goed mogelijk na te doen.

4. Autonomie: zelfsturing

Toestaan dat de sporter of patiënt enige controle heeft over zijn of haar leerproces vervult niet alleen een basale psychologische behoefte, maar is ook biologisch van groot belang. Trainingssituaties waarbij een keuzemogelijkheid gegeven wordt, leiden tot meer motivatie. Motivatie heeft een positief effect op het leerproces.¹⁵ Autonomie kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden door een keuze aan te bieden in hoe een bepaalde vaardigheid geleerd wordt (oefensituatie) of welke frequentie of modus van feedback (verbaal, visueel) iemand krijgt. Visuele feedback kan als een essentieel middel ingezet worden om bewegingspatronen van de onderste extremiteiten te verbeteren. Met videofeedback leert een sporter of patiënt, door te observeren. Het imiteren van lichaamsbewegingen die geobserveerd worden, speelt hierbij een belangrijke rol. Bij imitatie wordt visuele input gekoppeld aan motorische output door de activatie van spiegelneuronen.³³ Deze visuomotorische neuronen vuren zowel bij het zelf uitvoeren van de actie als bij het passief waarnemen van de actie. De koppeling van visie aan motoriek bevordert automatisme tijdens bewegen. Imitatie van een model door videofeedback maakt het mogelijk om een correcte bewegingstechniek aan te leren.



Foto: Wiep van Apeldoorn

Dr. Maarten van der Worp



Afsluitende overwegingen

Tijdens veel sporten is een sporter ingebed in een constant veranderende, onvoorspelbare omgeving, zoals verplaatsing van een andere speler, de tegenstander of een bal. De sporter moet deze situationeel-specifieke visuele signalen binnen het centrale zenuwstelsel verwerken en vervolgens een geschikte fysieke reactie met behoud van dynamische stabiliteit van de knie ontwikkelen (overigens verloopt dit grotendeels onbewust).³⁴ Daarom kan worden gesteld dat leeromstandigheden zo realistisch en contextgebonden mogelijk moeten zijn binnen de preventie, maar ook in de revalidatie na een VKB-reconstructie. De beste leermethode bestaat niet en is afhankelijk van het individu, de therapeut en de context waarin geoefend wordt.¹⁰

Dr. Alli Gokeler, Rijksuniversiteit Groningen, Universitair Medisch Centrum Groningen, Centrum voor Bewegingswetenschappen.
Dr. Anne Benjaminse, Rijksuniversiteit Groningen, Universitair Medisch Centrum Groningen, Centrum voor Bewegingswetenschappen; Hanzehogeschool Groningen, Instituut voor Sportstudies.



Referenties

1. Dye SF, Wojtyś EM, Fu FH, Fithian DC, Gillquist I. Factors contributing to function of the knee joint after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Instr Course Lect* 1999;48:185-198.
2. van Meer BL, Oei EH, Meuffels DE, van Arkel ER, Verhaar JA, Bierma-Zeinstra SM, et al. Degenerative changes in the knee 2 years after anterior cruciate ligament rupture and related risk factors: a prospective observational follow-up study. *Am J Sports Med* 2016;44(6):1524-1533.
3. VeiligheidNL. Available from: <https://www.veiligheid.nl/sportblessures/kennis/cijfers-over-sportblessures>.
4. Saltzman BM, Cvetanovich GL, Nwachukwu BU, Mall NA, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr. Economic analyses in anterior cruciate ligament reconstruction: a qualitative and systematic review. *Am J Sports Med* 2016;44(5):1329-1335.
5. Sadoghi P, von Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(9):769-776.
6. Agel J, Rockwood T, Klossner D. Collegiate ACL injury rates across 15 sports: national collegiate athletic association injury surveillance system data update (2004-2005 through 2012-2013). *Clin J Sport Med* 2016;26(6):518-523.
7. Norcross MF, Johnson ST, Bovbjerg VE, Koester MC, Hoffman MA. Factors influencing high school coaches' adoption of injury prevention programs. *J Sci Med Sport* 2016;19(4):299-304.
8. RIVM. Quickscan interventies voor sportblessurepreventie, 2015.
9. Schmidt RA, Wrisberg CA. Motor learning and performance. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.
10. Beek PJ. Nieuwe, praktische relevante inzichten in techniektraining. Motorisch leren: uitgangspunten en overwegingen (deel 1). *Sportgericht* 2011;65(1):8-11.
11. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Paterno MV, Ford KR, Otten E, et al. Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. *Sports Med* 2013;43(11):1065-1074.
12. Durham K, van Vliet PM, Badger F, Sackley C. Use of information feedback and attentional focus of feedback in treating the person with a hemiplegic arm. *Physiother Res Int* 2009;14(2):77-90.
13. Porter JM, Wu WFW, Partridge JA. Focus of attention and verbal instructions: strategies of elite track and field coaches and athletes. *Sport Sci Rev* 2010;19:199-211.
14. Fitts PM, Posner MI. Human performance. Oxford, England: Brooks and Cole, 1967.
15. Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychon Bull Rev* 2016;23(5):1382-1414.
16. Beek PJ. Nieuwe, praktische relevante inzichten in techniektraining. Motorisch leren: het belang van een externe focus van aandacht (deel 2). *Sportgericht* 2011;65(3):2-5.
17. Wulf G, Hoss M, Prinz W. Instructions for motor learning: differential effects of internal versus external focus of attention. *J Mot Behav* 1998;30(2):169-179.
18. Benjaminse A, Gokeler A, Dowling AV, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, et al. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015;45(3):170-182.
19. Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks RL, Lemmink KAPM. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(7):2280-2286.
20. Welling W, Benjaminse A, Gokeler A, Otten B. Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Hum Mov Sci* 2016;45:84-95.
21. Wulf G, Shea C, Lewthwaite R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Med Educ* 2010;44(1):75-84.
22. Grand KF, Bruzi AT, Dyke FB, Godwin MM, Leiker AM, Thompson AG, et al. Why self-controlled feedback enhances motor learning: Answers from electroencephalography and indices of motivation. *Hum Mov Sci* 2015;43:23-32.
23. Padua DA, Boling MC, Distefano LJ, Onate JA, Beutler AI, Marshall SW. Reliability of the landing error scoring system-real time, a clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. *J Sport Rehabil* 2011;20(2):145-156.
24. Gokeler A, Schmalz T, Knopf E, Freiwald J, Blumenritzt S. The relationship between isokinetic quadriceps strength and laxity on gait analysis parameters in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11(6):372-378.
25. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 1991;19(5):513-518.
26. Gokeler A, Hof AL, Arnold MP, Dijkstra PU, Postema K, Otten E. Abnormal landing strategies after ACL reconstruction. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(1):e12-9.
27. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med* 2010;38(10):1968-1978.
28. Gokeler A, Bisschop M, Myer GD, Benjaminse A, Dijkstra PU, van Keeken HG, et al. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(7):2280-2286.
29. Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int Rev Sport Exerc Psychol* 2012;6(1):77-104.
30. Gokeler A, Bisschop M, Myer GD, Benjaminse A, Dijkstra PU, van Keeken HG, et al. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(7):2280-2286.
31. Beek PJ. Nieuwe, praktische relevante inzichten in techniektraining. Motorisch leren: het belang van impliciete kennisopbouw (deel 3). *Sportgericht* 2011;65(4):12-6.
32. Masters RSW. Knowledge, 'knerves' and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *Br J Psychol* 1992;83:343-358.
33. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci* 2004;27:169-92.
34. Koziol LF, Budding DE, Chidekel D. From movement to thought: executive function, embodied cognition, and the cerebellum. *Cerebellum* 2012;11(2):505-525.